

51

Int. Cl. 2:

H 03 K 13/32

H 03 K 13/18

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



BEST AVAILABLE COPY

DE 28 25 842 C 3

# Patentschrift 28 25 842

11

21

22

43

44

45

Aktenzeichen: P 28 25 842.6-31  
Anmeldetag: 13. 6. 78  
Offenlegungstag: 21. 12. 78  
Bekanntmachungstag: 9. 8. 79  
Ausgabetag: 17. 4. 80  
Patentschrift stimmt mit der Auslegeschrift überein

30

Unionspriorität:

32 33 31

14. 6. 77 Frankreich 7718200

54

Bezeichnung:

Verfahren zur Überwachung der Richtigkeit der von numerischen Schrittgebern gelieferten Informationen sowie Schrittgeber zur Durchführung des Verfahrens

73

Patentiert für:

M.C.B. S.A.R.L., Courbevoie, Hauts-de-Seine (Frankreich)

74

Vertreter:

Andrejewski, W., Dipl.-Phys. Dr.; Honke, M., Dr.-Ing.;  
Gesthuysen, H.D., Dipl.-Ing.; Masch, K., Dipl.-Phys. Dr.rer. nat.;  
Pat.-Anwälte, 4300 Essen

72

Erfinder:

Taillebois, Jacques Andre Joseph, Plaisir, Yvelines (Frankreich)

56

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:  
Nichts ermittelt

DE 28 25 842 C 3

## Patentansprüche:

1. Verfahren zur Überwachung der Richtigkeit der von einem numerischen Schrittgeber gelieferten Informationen, wobei der Schrittgeber ein bewegliches Element mit einer Anzahl von codierten Spuren sowie eine Leseeinrichtung für diese Spuren aufweist, welche eine Information in einem reflexiven Code, insbesondere dem GRAY-CODE, liefert, dadurch gekennzeichnet, daß diese Information aus zwei Worten gleicher Länge und bekannten Abstandes zusammengesetzt und durch eine Doppellesung der codierten Spuren erzeugt wird, und zwar eine erste Lesung und eine zweite Lesung, welche in dem Zwischenraum gegenüber der ersten Lesung um eine bestimmte Größe zwischen einer ganzen, eventuell Null, Zahl von Codierungspunkten und dieser um eine Einheit vermehrten ganzen Zahl versetzt ist, und daß nachgeprüft wird, ob die beiden derart erhaltenen Worte einen numerischen Abstand aufweisen, welcher der Verschiebung der beiden Lesungen entspricht, um die Richtigkeit der vom Schrittgeber gelieferten Information zu bestätigen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jedes der beiden vom Schrittgeber gelieferten Worte in einem Reflektionscode oder einem Komplementär-Reflektionscode vorliegt und daß jedes von ihnen oder sein gedrängtes Komplement, wenn es im Komplementär-Code geliefert wird, in ein Wort eines ausgeglichenen Codes transformiert wird und dann beide Worte in dieser Form verglichen werden, um den Abstand zu bestimmen.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Worte in ausgeglichenem Code in der Weise miteinander verglichen werden, daß sie durch einfache mathematische Operationen derart kombiniert werden, daß das Resultat nur identische Bits enthält, außer dem bedeutungslosesten Bit und eventuell dem bedeutsamsten Bit, falls dadurch das Format der verglichenen Worte gesprengt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das längs der Spuren nacheilend verschoben gelesene zweite Wort vom ersten Wort abgezogen wird, dem Resultat die genannte ganze Zahl hinzugefügt wird und dann überprüft wird, ob alle Bits des Endresultates bis auf das bedeutungsloseste und eventuell das bedeutsamste gleich 0 sind.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das längs der Spuren nacheilend verschoben gelesene zweite Wort dem gedrängten Komplement des ersten Wortes hinzugefügt wird, vom Resultat die genannte ganze Zahl abgezogen wird und geprüft wird, ob alle Bits des Endresultates, mit Ausnahme des bedeutungslosesten und eventuell des bedeutsamsten, gleich 1 sind.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das bedeutungsloseste Bit des Endresultates der vom Schrittgeber gelieferten Code-Information hinzugefügt wird, wobei dieses Bit das bedeutungsloseste der so erhaltenen Gesamt-Codeinformation bildet.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß außerdem überprüft wird, ob die Verschiebung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zuständen ein und desselben vom

Schrittgeber gelieferten Wortes gleich 0 oder gleich 1 ist.

8. Numerischer Schrittgeber zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bestehend aus einem beweglichen Element wie einer Drehscheibe mit einer Reihe von gemäß dem Cray-Code oder irgendeinem anderen Reflektionscode codierten Spuren und Leseorganen für die codierten Spuren, wobei die gelieferten Informationen in einer die Informationen überwachenden und ihre Richtigkeit bestätigenden Schaltung behandelt werden, dadurch gekennzeichnet, daß der Schrittgeber einen Doppelsatz von Leseorganen für die Code-Spuren aufweist, welche ebenso wie diese beiden Lesesätze um einen bestimmten, einer um eine Dezimalstelle vermehrten ganzen Zahl von Codierungspunkten entsprechenden Wert geometrisch gegeneinander verschoben sind, so daß die beiden Lesesätze zwei codierte Worte gleichen Formates, numerisch verschoben, an die Überwachungsschaltung liefern und durch diese ihre numerische Verschiebung überprüfbar ist und ein Richtigkeitssignal lieferbar ist, wenn die numerische Verschiebung der im Schrittgeber vorgesehenen geometrischen Verschiebung entspricht.

9. Schrittgeber nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das bewegliche Element (13) zwei Gruppen von räumlich verschobenen Spuren aufweist und jeder Gruppe jeweils ein Satz von Leseorganen zugeordnet ist.

10. Schrittgeber nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das bewegliche Element (13) eine einzige Gruppe von Spuren aufweist, welcher die beiden Lesesätze zugeordnet sind, und daß letztere räumlich verschoben sind.

11. Schrittgeber nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Leseorgane der beiden Sätze gegenüber den Codespuren derart angeordnet sind, daß von ihnen zwei Worte lieferbar sind, deren eines in einem Komplementär-Code zum anderen abgefaßt ist.

12. Schrittgeber nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgesehene interne Verschiebung einem halben Codepunkt entspricht.

13. Schrittgeber nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß von ihm jedes der beiden Worte im Gray-Code oder im Komplementär-Gray-Code lieferbar ist und seine Überwachungsschaltung folgende Bestandteile aufweist:

- a) zwei die beiden Worte in natürlichen Binär-Code umwandelnde Umwandler (41; 44), deren jeweils eine Ergänzungsstufe (42) vorgeschaltet ist für den Fall, daß das entsprechende Wort im Komplementär-Gray-Code geliefert wird;
- b) ein Addierwerk (45), welches von den Umwandlern das der nacheilend verschobenen Lesung entsprechende zweite Wort direkt sowie das erste Wort über eine Ergänzungsstufe (42) empfängt, oder ein Subtrahierwerk, welches die beiden Worte direkt von den Umwandlern empfängt und das zweite Wort vom ersten abzieht;
- c) ein Koinzidenzgatter (46), welches die Bits des vom Addierwerk oder vom Subtrahierwerk gebildeten Wortes vergleicht, mit Ausnahme des bedeutungslosesten und eventuell des

bedeutsamsten Bits, und welches ein Richtigkeitssignal liefert, wenn diese Bits alle gleich 1 oder alle gleich 0 sind;

- d) eine diesem Gatter vorgeschaltete Stufe, durch welche die der internen Verschiebung des Schrittgebers entsprechende ganze Codepunkt-Zahl von diesem Pegel abziehbar oder diesem Pegel hinzufügbare ist.

14. Schrittgeber nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß seine Überwachungsschaltung zumindest teilweise in kombinatorischer Logik arbeitet.

15. Schrittgeber nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß seine Überwachungsschaltung zumindest teilweise in sequentieller Logik arbeitet.

16. Schrittgeber nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß seine Überwachungsschaltung Elemente aufweist, durch welche überprüfbar ist, ob die aufeinanderfolgenden Zustände eines vom Schrittgeber gelieferten und in natürlichen Binärcode umgewandelten Wortes identisch oder um eine Einheit verschieden sind.

Der wachsende Einsatz von Anlagen, in denen sogenannte Schrittgeber eine wesentliche Rolle spielen, erfordert für letztere nicht nur ein hohes Maß an Zuverlässigkeit, sondern auch und vor allem ein hohes Maß an Sicherheit bezüglich der Genauigkeit der von ihnen gelieferten Informationen.

Da es sich bei einem derartigen Schrittgeber um ein Organ handelt, welches die Veränderungen einer physikalischen Größe empfängt und ein entsprechend dieser Größe veränderliches Signal erarbeitet, welches von der Anlage zu verarbeiten ist, müssen die von diesen Schrittgebern gelieferten Informationen unbedingt überwacht und auf ihre Richtigkeit überprüft werden, wenn, wie dies zumeist der Fall ist, derartige Schrittgeber für Anlagen eingesetzt werden, bei denen die Betriebssicherheit von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Die numerischen Schrittgeber, gleichgültig ob es sich bei ihnen um Geräte zur Winkel- oder (linearen) Wegmessung handelt, erarbeiten ein codiertes Signal. Als »selbsterkennend« oder »selbstkorrigierend« bekannte Codes erlauben die Feststellung und zuweilen auch die Korrektur von Fehlern. Bei all diesen Codes ändern sich jedoch mehrere Bits gleichzeitig zwischen zwei benachbarten Worten. Es handelt sich hierbei also um mehrdeutige Codes, welche infolgedessen nur für Synchron-Systeme verwendbar sind. Da diese Schrittgeber bzw. Winkel- oder Linear-Codierer asynchrone Vorrichtungen sind, ist es nutzvoll, einen unzweideutigen Code zu verwenden.

Der Gray-Code ist aufgrund seines Reflektionsverhaltens ein Code ohne Zweideutigkeit. Dies ist ein wesentlicher Vorteil für seine Verwendung in den Codierern und die Übertragung der vom Codierer abgegebenen Informationen. Die Verwendung eines anderen Code als des Gray-Code in einem optischen Codierer beispielsweise erfordert für eine gegebene Auflösung eine größere Anzahl von Spuren, von opto-elektronischen und elektronischen Bestandteilen.

Bei Verwendung des Gray-Code ist das Verhältnis Auflösung/Zuverlässigkeit optimal.

Die bekannten oder von verschiedenen Autoren studierten Codes zur Selbstfeststellung von Fehlern beruhen alle auf dem Prinzip einer Parität zwischen allen Bits eines übertragenen Wortes oder zwischen bestimmten Bits des Wortes von  $m$  bis  $n$ . Der Zusatz von Prüfbits (Paritätsbits) zum Gray-Code würde zu einer Mehrdeutigkeit der Lesung führen. Diese Mehrdeutigkeit müßte beseitigt und die Parität dadurch erfaßt werden, daß die möglichen Kombinationen geprüft werden.

Die Erfindung hat sich die Aufgabe gestellt, ein Verfahren zu verwirklichen, mittels welchem ein Code mit Reflektionsverhalten in einem numerischen Schrittgeber verwendbar ist und auf einfache und unbedingt sichere Weise die Richtigkeit der vom Schrittgeber erarbeiteten Informationen überwachbar ist.

Gekennzeichnet ist ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Überwachung der Richtigkeit der von einem numerischen Schrittgeber gelieferten Informationen, bei welchem der Schrittgeber ein bewegliches Element mit einer Anzahl von codierten Spuren sowie eine Leseeinrichtung für diese Spuren aufweist, welche eine Information in einem reflexiven Code, insbesondere dem Gray-Code liefert, im wesentlichen dadurch, daß diese Information aus zwei Worten gleicher Länge und bekannten Abstandes zusammengesetzt und durch eine Doppellesung der codierten Spuren erzeugt wird, und zwar eine erste Lesung und eine zweite Lesung, welche in dem Zwischenraum gegenüber der ersten Lesung um eine bestimmte Größe zwischen einer ganzen Zahl, eventuell Null, von Codierungspunkten und dieser um eine Einheit vermehrten ganzen Zahl versetzt ist, und daß nachgeprüft wird, ob die beiden derart erhaltenen Worte einen numerischen Abstand aufweisen, welcher der Verschiebung der beiden Lesungen entspricht, um die Richtigkeit der vom Schrittgeber gelieferten Information zu bestätigen.

Auch eine Verschiebung im Schrittgeber, welche als nicht ganze Zahl gewählt wird, ermöglicht, die Forderung nach Unzweideutigkeit zu respektieren, da die beiden Worte nicht gleichzeitig ihren Zustand ändern können.

Nach Wahl einer bestimmten Art eines Reflektionscodes kann jedes der beiden Worte vom Schrittgeber im Reflektionscode oder im Komplementär-Reflektionscode geliefert werden. Vorzugsweise wird für das eine Wort ein Reflektionscode und für das andere Wort der Komplementär-Reflektionscode verwendet, da in diesem Fall ein diesen beiden Worten gemeinsamer Fehler die umgekehrten Auswirkungen in jedem Wort hat und infolgedessen wesentlich leichter aufgespürt wird. Vorzugsweise wird jedes der Worte oder sein gedrangtes Komplement, wenn es im Komplementär-Reflektionscode geliefert wird, in ein Wort eines ausgeglichenen Codes wie des natürlichen Binärcodes umgewandelt, und daß diese derart umgewandelten Worte dann zur Bestimmung des Abstandes verglichen werden. Dieser Vergleich kann in der Weise durchgeführt werden, daß diese Worte durch einfache mathematische Operationen (Addition oder Subtraktion) derart kombiniert werden, daß das Resultat normalerweise nur identische Bits enthält, außer dem Bit mit der geringsten Bedeutung und eventuell dem Bit mit der stärksten Bedeutung, wenn eines dieser beiden Bits oder beide das Format der beiden verglichenen Worte sprengen. Eine Kombination der auf diese Weise

ausgewählten Worte erlaubt naturgemäß, den Vergleich und die Richtigkeitsbestätigung auf sehr einfache Weise durchzuführen.

Somit kann man das zweite Wort, welches sich aus der längs der codierten Spuren verschobenen Lesung ergibt, vom ersten Wort abziehen und dann nach Vermehrung des Resultates um die vorgenannte als natürliche Binärziffer ausgedrückte ganze Zahl, wenn es nicht eine 0 ist, überprüfen, ob alle Bits des derart erzielten Resultates gleich Null sind, bis auf das bedeutungsloseste und eventuell das bedeutsamste Bit.

Man kann auch, stets als natürliche Binärziffer, das Zweitwort dem gedrängten Komplement des ersten Wortes hinzufügen, vom Resultat die ganze Zahl abziehen und überprüfen, ob diese Bits des Endresultates bis auf das bedeutungsloseste und eventuell das bedeutsamste Bit gleich 1 sind.

Das bedeutungsloseste Bit wird beim Vergleich der Worte nicht in Betracht gezogen, da es, weil der gewählte Abstand nicht gleich einer ganzen Zahl der Codierungspunkte hat, sondern einen Teilschnitt enthält, bald gleich 0 und bald gleich 1 ist. Dieses Bit kann der vom Schrittgeber gelieferten codierten Information hinzugefügt werden, um das bedeutungsloseste Bit der auf diese Weise erhaltenen codierten Gesamtinformation zu bilden, wodurch die Auflösung des Schrittgebers verdoppelt wird.

Um die Qualität der Fehleraufspürung zu verbessern, kann man außerdem prüfen, ob der Abstand zwischen zwei vom Schrittgeber gelieferten einander folgenden Zustände ein und desselben Wortes, vorzugsweise in ausgeglichenen Code umgewandelten Wortes, gleich 0 oder gleich 1 ist.

Gegenstand der Erfindung ist auch ein mit einer speziellen Schaltung verbundener numerischer Schrittgeber zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Im einfachsten Fall besitzt dieser Schrittgeber ein bewegliches Element wie eine Drehscheibe (Winkel-Codierer), die eine Reihe von gemäß dem Gray-Code oder irgendeinem anderen Reflektionscode codierten Spuren trägt, sowie Leseorgane für diese codierten Spuren. Es kann sich allerdings auch um einen optischen Codierer wie einen Codierer mit elektrischem Kontaktfühler handeln.

Gekennzeichnet ist ein derartiger erfindungsgemäßer Schrittgeber dadurch, daß er einen Doppelsatz von Leseorganen für die codierten Spuren aufweist, welche ebenso wie diese beiden Lesesätze um einen bestimmten, einer um eine Dezimalstelle verminderten ganzen Zahl von Codierungspunkten entsprechenden Wert geometrisch gegeneinander verschoben sind, so daß die beiden Lesesätze zwei codierte Worte gleichen Formates, numerisch verschoben, an die Überwachungsschaltung liefern und durch diese ihre numerische Verschiebung überprüfbar ist und ein Richtigkeitssignal lieferbar ist, wenn die numerische Verschiebung der im Schrittgeber vorgesehenen geometrischen Verschiebung entspricht.

Die im Schrittgeber vorgesehene Verschiebung kann dadurch erreicht werden, daß die Codierspuren in zwei räumlich verschobene Spurengruppen aufgeteilt werden und jeder Satz der Leseorgane jeweils einer Spurengruppe zugeordnet wird. Dadurch können die beiden Gruppen der Leseorgane ohne gegenseitige Verschiebung ausgerichtet werden, da die Verschiebung der Lesung sich aus der Verschiebung der beiden Spurengruppen gegeneinander ergibt.

Die Verschiebung läßt sich aber auch ohne Aufteilung

der codierten Spuren des beweglichen Elementes erreichen. Dieses trägt dann wie bei den üblichen Codierern eine einzige Gruppe codierter Spuren, wobei dieser einzigen Gruppe jedoch zwei Sätze von Leseorganen zugeordnet sind, welche räumlich längs der codierten Spuren versetzt sind.

In beiden Fällen ist es von Vorteil, wenn die Verschiebung der Gruppen codierter Spuren und/oder der Leseorgane derart erfolgt, daß die beiden erhaltenen Worte, numerisch versetzt wie es bereits erläutert wurde, in Komplementär-Coden zur Verfügung stehen, und zwar beispielsweise im Gray-Code und im Komplementär-Gray-Code.

Die Schaltung zur Überwachung und zur Bestätigung der Richtigkeit eines erfindungsgemäßen Schrittgebers, welcher jedes der beiden Worte im Gray-Code oder im Komplementär-Gray-Code liefert, kann folgende Bestandteile aufweisen:

- a) zwei Umwandler, welche die beiden Worte in natürlichen Binärcode umwandeln, wobei jedem Umwandler eine Ergänzungsstufe vorangeht, wenn das entsprechende Wort im Komplementär-Gray-Code geliefert wird;
- b) entweder ein Addierwerk, welches von den Umwandlern direkt das der verschobenen Lesung entsprechende zweite Wort sowie das erste Wort durch eine Ergänzungsstufe oder eine Subtraktionseinrichtung empfängt, welche von den beiden Umwandlern die beiden Worte direkt empfängt und das zweite vom ersten abzieht;
- c) ein Koinzidenzgatter, welches die Bits des vom Addierer oder von der Subtraktionseinrichtung gebildeten Wortes außer dem bedeutungslosesten Bit und eventuell dem bedeutsamsten Bit vergleicht und ein Richtigkeitssignal liefert, wenn diese Bits in ihrer Gesamtheit gleich 1 oder gleich 0 sind;
- d) eine diesem Gatter vorgeschaltete Stufe, welche die ganze Zahl von Codierungspunkten, welche die interne Verschiebung des Schrittgebers enthält, abzieht oder hinzufügt.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Bestätigung der Richtigkeit der von einem numerischen Schrittgeber gelieferten Informationen durch Bildung und Vergleich von zwei gegeneinander verschobenen Worten sowie der entsprechende numerische Schrittgeber bieten zahlreiche Vorteile, und zwar:

- a) die beiden Worte werden ohne Mehrdeutigkeit im Schrittgeber (im Reflektionscode wie beispielsweise im Gray-Code) erzeugt, so daß dieser ohne weiteres dem asynchronen Betrieb angepaßt ist, wie er für die Schrittgeber oder -codierer normal ist;
- b) die Überwachung und Bestätigung der Richtigkeit der vom Schrittgeber gelieferten Informationen ist äußerst effizient und erfolgt dennoch auf sehr einfache Weise, indem der Abstand oder die Verschiebung zwischen den beiden Worten überprüft wird;
- c) wenn die beiden Worte im Gray-Code bzw. im Komplementär-Gray-Code geliefert werden, wird die Effizienz der Überwachung verstärkt und man kann die wichtigsten Fehler feststellen, wie die die Gesamtheit einer Reihe von Bestandteilen (fehlerhafte Speisung beispielsweise) beeinflussenden Fehler sowie die Fehler, welche den gleichen Einfluß auf die gleichrangigen Bits in den beiden

Worten haben (beispielsweise Fehler infolge Störungen bei einer Übertragung);

- d) die Gesamtheit der beiden Worte kann in der vorliegenden Form übertragen werden und in nächster Nähe der Verwendungsstelle der Information, die sie enthält, behandelt werden, so daß die Übertragungsfehler bei der Überwachung der Richtigkeit in Betracht gezogen werden;
- e) für den Erhalt des gegenüber dem ersten Wort verschobenen zweiten Wortes braucht kein zweiter Satz codierter Spuren vorgesehen zu werden, da der erste Satz genügt, wenn die Leseorgane aufgeteilt werden;
- f) die Umformung in einen ausgeglichenen Code (natürliche Binärziffer) ist einfach;
- g) wenn die beiden Worte räumlich um eine Punktzahl  $n \pm 1/2$  verschoben sind, so wird die Auflösung des Codierers verdoppelt;
- h) bei gleicher Auflösung werden weniger Bestandteile gebraucht als bei einem Codierer für natürliche Binärziffern (beispielsweise zur Erzielung einer Information mit elf Bits werden  $1 + (2 \times 10) = 21$  Leseorgane bei einem natürlichen Binärcode mit erhöhter Zweifelhaftheit benötigt, während erfindungsgemäß  $2 \times 10 = 20$  Leseorgane genügen);
- i) die Überwachung kann in kombinatorischer Logik erfolgen, und zwar mittels klassischer logischer Schaltungen der in sequentieller Logik, vorzugsweise mittels eines Mikroprozessors, bei welchem die Bereitstellung (logisch) nur durch Hinzufügung eines Subprogrammes für die Überwachung und Bestätigung der Richtigkeit der Informationen modifiziert zu werden braucht;
- j) außer der Überwachung des Abstandes zwischen den beiden Worten kann man eine zusätzliche Kontrollüberwachung bezüglich des Abstandes zwischen zwei zeitlich aufeinander folgenden Informationen durchführen;
- k) die beiden im Codierer erzeugten gleichformatigen Worte können unabhängig voneinander verwendet werden, und zwar für die gesamte Kontrolle oder Überwachung wie bei einem klassischen Codierer im Gray-Code;
- l) die Kosten eines erfindungsgemäßen Codierers liegen nur wenig über denen eines klassischen Gray-Code-Codierers und seine Zuverlässigkeit ist nicht merkbar verringert, und zwar nicht mehr als bei Verwendung des natürlichen Binärcodes;
- m) die Kosten für die Überwachungsschaltung sind gering.

Die Erfindung wird nachstehend anhand einiger in den Zeichnungen dargestellter Ausführungsbeispiele im einzelnen erläutert; es zeigt

Fig. 1 ein Diagramm zur Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Überwachung und Bestätigung der Richtigkeit der von einem numerischen

Schrittgeber mit codierten Spuren gelieferten Informationen;

Fig. 2 und 3 die Grundschaltung bzw. die detaillierte Schaltung zur Überwachung der Informationen mit vier Bits;

Fig. 4 einen Axialschnitt durch einen numerischen Winkelschrittgeber zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 5 die Blende des Schrittgebers aus Fig. 4;

Fig. 6 die Codescheibe des Schrittgebers aus Fig. 4; und

Fig. 7 die jedem Leseorgan des Schrittgebers aus Fig. 4 zugeordnete und mit der Überwachungsschaltung verbundene elektronische Schaltung.

- Zunächst soll das Prinzip des erfindungsgemäßen Überwachungsverfahrens anhand der Fig. 1 für einen numerischen Winkelschrittgeber mit 16 Punkten erläutert werden, bei welchem die Codescheibe zwei Gruppen von vier Codespuren 1, 2, 4, 4 trägt. Die erste Gruppe entspricht einem Gray-Code *A* oder einem Komplementär-Gray-Code *E* und die zweite Gruppe einem GRAY'Code *B* oder einem Komplementär-Gray-Code *D*, die gegenüber dem Code der ersten Gruppe um einen halben Punkt nacheilend verschoben ist. In Fig. 1 entsprechen die Ziffern 1 der Codes *A* und *B* den schraffierten Bereichen und die Ziffern 0 den weißen Bereichen, während dies bei den Codes *E* und *D* umgekehrt ist.

Die längs eines Radius der Scheibe ausgerichteten Leseorgane liefern einmal ein Wort im Code *A* oder *E* und das andere ein Wort im Code *B* oder *D*, wobei diese Worte (bis auf die Ergänzung) bald identisch (wenn man die rechte Spalte eines jeden der 16 Punkte liest) und bald um eine Einheit des bedeutungslosesten Ranges unterschiedlich sind (wenn man die linke Spalte eines jeden der 16 Punkte liest). Die Verschiebung der beiden Worte ist daher gleich  $1/2$ . Dieser Wert ist der günstigste für eine einwandfreie Unterscheidung durch die Leseorgane der beiden Teile eines jeden Punktes infolge der Verschiebung um einen Bruchteil des Punktes zwischen den beiden Gruppen.

In den nachfolgenden Erläuterungen bedeutet der Zusatz des Buchstabens *N* zum Symbol eines Code, daß man in den natürlichen Binärcode umwandelt, während der Zusatz des Buchstabens *C* bedeutet, daß man das gedrängte Komplement nimmt.

Bei Auswahl der beiden Codes *A* und *B* erhält man das erste Wort mit vier Bits im Gray-Code *A* und dieses wird in den natürlichen Binärcode *AB* umgewandelt, dann ergänzt, so daß sich ein Wort im Code *ANC* ergibt, welches dem gedrängten Komplement des Wortes im Code *AN* entspricht. Das im Code *B* erhaltene zweite Wort mit vier Bits wird in den natürlichen Binärcode (Code *BN*) umgewandelt.

Man braucht daher nur das Wort *ANC* und das Wort *BN* hinzuzufügen, wie dies nachstehende Tabelle zeigt, welche den beiden ersten Punkten entspricht:

	Punkt 0		Punkt 1	
	1. Kombination	2. Kombination	3. Kombination	4. Kombination
Code <i>ANC</i>	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 0	1 1 1 0
Code <i>BN</i>	1 1 1 1	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 1
$V = ANC + BN(1)$	1 1 1 0	1 1 1 1	1 1 1 0	1 1 1 1

Man stellt fest, daß alle Bits des Resultates  $X$  eine 1 sind, bis auf das bedeutungsloseste Bit, welches einmal eine 1 und einmal eine 0 sein kann, und es genügt, dies zu überprüfen, um das Richtigkeitssignal zu erzeugen.

Man kann auch die Differenz der beiden Worte  $AN$

und  $BN$  bilden, die sich aus der Umwandlung der Worte  $A$  und  $B$  in den natürlichen Binärcode ergeben. Nachfolgende Tabelle zeigt das Resultat für die beiden ersten Punkte:

	Punkt 0		Punkt 1	
	1. Kombi- nation	2. Kombi- nation	3. Kombi- nation	4. Kombi- nation
Code $AN$	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 1	0 0 0 1
Code $BN$	1 1 1 1	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 1
$Y = AN - BN$	0 0 0 1	0 0 0 0	0 0 0 1	0 0 0 0

In diesem Fall ergibt das Richtigkeitssignal, wenn alle Bits eine 0 sind, bis auf das bedeutungsloseste Bit, welches abwechselnd eine 0 oder eine 1 ist.

Ganz allgemein bildet man, je nachdem ob der erste Code ein Gray-Code  $A$  oder ein Komplementär-Gray-Code  $E$  und der zweite Code (nacheilend verschoben) ein Gray-Code  $B$  oder ein Komplementär-Gray-Code  $D$  ist, die Größen  $X$  und  $Y$  entsprechend nachstehender Tabelle:

Gelesene Codes	$X$	$Y$
$A, B$	$ANC + BN$	$AN - BN$
$A, D$	$ANC + DCN$	$AN - DCN$
$E, B$	$ECNC + BN$	$ECN - BN$
$E, D$	$ECNC + DCN$	$ECN - DCN$

Wenn die interne Verschiebung des Schrittgebers eine ganze Zahl von Codierungspunkten umfaßt, was bei dem vorliegenden Beispiel nicht der Fall ist, muß diese Zahl vom Wert  $X$  abgezogen oder dem Wert  $Y$  hinzugefügt werden.

Die an den gelesenen Codes durchgeführten einfachen mathematischen Operationen haben lediglich den Zweck, eine leichte Überprüfung der Tatsache zu ermöglichen, daß die Verschiebung zwischen den beiden gelesenen Worten gleich 0 oder gleich einer Einheit ist. Naturgemäß können auch andere Behandlungsweisen in Betracht gezogen werden.

Die Fig. 2 und 3 zeigen, wie die beiden im Code  $A$  und  $D$  gelesenen Worte in einem Codierer 40 verglichen werden können. Das Wort im Code  $A$  wird von einem Umwandler 41 in einen natürlichen Binärcode  $AN$  umgewandelt, woraufhin eine Komplementärstufe 42 dessen gedrängtes Komplement  $ANC$  ergibt. Das Wort im Code  $D$  wird in einer Stufe 43 ergänzt, daß sich ergebende Wort  $DC$  dann in den natürlichen Binärcode  $DCN$  durch einen Umwandler 44 umgewandelt. Die Größe

$$X = ANC + DCN$$

wird durch ein Addierwerk 45 gebildet, und ein Koinzidenzgatter 46 liefert ein Richtigkeitssignal  $V$ , wenn alle Bits, außer dem bedeutungslosesten = 1 sind.

Fig. 3 zeigt im einzelnen eine Schaltung, welche in der Praxis verwendet werden kann. Die vier Bits  $A_1$  bis  $A_4$  des Wortes im Code  $A$ , welches vom Codierer geliefert wird, werden im Umwandler 41 mit drei ausschließlichen ODER-Gattern in eine natürliche

Binärziffer  $AN$  umgewandelt. An diesen Umwandler schließt sich die vier logische Umkehrschalter aufweisende Ergänzungsstufe 42 an. Die gleichen Elemente werden zur Behandlung der vier Bits  $D_1$  bis  $D_4$  des Codewortes  $D$  verwendet, jedoch in umgekehrter Reihenfolge (was eine gewisse Symmetrie und eine gleiche Verzögerung im Durchlauf durch beide Behandlungswege ergibt). Das Addierwerk 45 liefert die vier Bits  $X_1, X_2, X_3$  und  $X_4$  der Größe  $ANC + DCN$  (der sich eventuell aus dem Format ergebende Abzug wird beiseite gelassen). Die drei Bits  $X_2, X_3$  und  $X_4$  werden dem UND-Gatter 46 zugeleitet, welches ein Richtigkeitssignal  $V = 1$  liefert, wenn alle drei Bits gleich 1 sind. Das erste Bit  $X_1 = 1$  oder 0, je nachdem ob es sich um die erste oder die zweite Hälfte eines Punktes handelt, wird den vier Bits des Wortes  $AN$  hinzugefügt, um das bedeutungsloseste Bit eines Wortes  $S$  mit fünf Bits im natürlichen Binärcode zu bilden, wodurch das Endresultat der Lesung des Codierers 40 gebildet wird, dessen Auflösung somit verdoppelt wird. Das Wort  $S$  wird nicht in Betracht gezogen, es sei denn, daß das Richtigkeitssignal  $V = 1$  ist. Wenn dieses Signal gleich 0 ist, wird das Wort  $S$  als falsch zurückgewiesen.

Die vorstehend beschriebene Behandlung wird in kombinatorischer Logik durchgeführt. Die Behandlung läßt sich auch in sequentieller Logik durchführen, wobei die vom Codierer gelieferten beiden Worte gleichzeitig gelesen und periodisch behandelt werden, und zwar vorzugsweise mit Hilfe eines Mikroprozessors. Bei der sequentiellen Logik kann man eine zusätzliche Überwachung durchführen, welche darin besteht, daß überprüft wird, ob der Unterschied zwischen zwei zeitlich aufeinander folgenden Worten (beispielsweise im Code  $AN$ ) gleich 0 oder gleich 1 ist (d. h.  $ANn - ANn-1 = 0$  oder  $\pm 1$ ). Man kann auch in Betracht ziehen, beide Behandlungsweisen gleichzeitig durchzuführen, indem man beispielsweise bestimmte Operationen parallel in verkabelter Logik oder bestimmte andere Operationen mit Hilfe eines Mikroprozessors durchführt.

Die Fig. 4 bis 6 zeigen ein Ausführungsbeispiel eines optischen Winklercoidierers, welcher nach dem erfindungsgemäßen Verfahren arbeitet. Dieser Codierer mit 1024 Auflösungspunkten besteht aus einem Gehäuse 11, durch welches eine Welle 12 hindurchgeht, auf welcher konzentrisch eine klassische Codescheibe 13 (Fig. 6) mit zehn konzentrischen Spuren befestigt ist, wobei diese abwechselnd helle und unkle Bereiche aufweisen (wobei letztere der 0-Binär entsprechen), die entsprechend einem Gray-Code angeordnet sind und mittels einer Anordnung von zehn Leseorganen gelesen werden, die radial ausgerichtet sind. Jedes Leseorgan besteht aus einer Leuchtdiode 14, die auf einer Platte 15

befestigt ist, und einem gegenüber einer Platte 17 befestigten Fototransistor 16, welcher von der Diode 14 durch die entsprechende Spur der Codescheibe 13 sowie durch den entsprechenden Schlitz einer Reihe von Schlitzten 1A bis 10A beleuchtet wird, welche in einer Blende bildenden Platte 18 in radialer Richtung ausgerichtet sind (Fig. 5). Diese Anordnung aus zehn Leseorganen, welche den Schlitzten 1A bis 10A zugeordnet sind, bildet den ersten Satz von Leseorganen, welcher das erste Wort im Gray-Code A liefert.

Ein zweiter Satz von Leseorganen ist zur Lieferung des zweiten Wortes im versetzten oder verschobenen Komplementär-Gray-Code D vorgesehen. Dieser zweite Satz besteht aus zehn Leseorganen, welche mit den vorbeschriebenen zehn Leseorganen identisch sind, und deren jedes ebenfalls einer der zehn Spuren der Codescheibe 13 zugeordnet ist. Diese Leseorgane sind jedoch nicht ausgerichtet, sondern derart angeordnet, daß sie einen Komplementär-Code D zum Code A liefern, der zum Code A um einen halben Punkt nacheilend verschoben ist. Ihre Positionen entsprechen den in Fig. 5 dargestellten Positionen der Schlitzte 1D bis 10D gemäß nachstehender Tabelle.

Schlitz	Winkelstellung
1 D	80° 41'
2 D	274° 03'
3 D	81° 23'
4 D	275° 27'
5 D	78° 34'
6 D	247° 19'
7 D	44° 49'
8 D	269° 49'
9 D	89° 49'
10 D	269° 49'

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

Diese Winkelstellungen sind von den Leseorganen 1A bis 10A (Stellung 0°) aus in der der steigenden Folge des Gray-Codes A entgegengesetzten Folge gezählt. Es dürfte einleuchten, daß zahlreiche andere Kombinationen von Winkelstellungen das gleiche Resultat ergeben würden.

So läßt sich von ein und derselben Codescheibe 13 mit zehn Spuren durch die beiden Sätze von Leseorganen ein Wort im Gray-Code und ein Wort im um einen halben Punkt nacheilend verschobenen Komplementär-Gray-Code erhalten.

Fig. 7 zeigt schematisch die einem jeden Leseorgan zugeordnete elektrische Schaltung. Das vom Fototransistor 16 gelieferte Signal wird einem Transistorverstärker 19 über ein Potentiometer 20 zur Niveauregelung zugeleitet. Diese Elemente 19 und 20 liegen innerhalb des Gehäuses 11 auf der Platte 17. Das verstärkte Signal wird dann, eventuell nach Durchgang durch eine Fernübertragerleitung 21, in einer Schaltung 22 gebildet. Die Ausgänge der zwanzig Schaltungen 22, an denen die beiden Worte im Code A und D mit zehn Bits, welche jeder Stellung der Codescheibe 13 entsprechen, erscheinen, sind mit der Behandlungs- oder Aufbereitungsschaltung 23 verbunden. Diese führt die Bestimmung der Verschiebung oder des Abstandes zwischen diesen beiden Worten durch und liefert ein Richtigkeitssignal V, wenn der festgestellte Abstand dem Abstand eines halben Punktes entspricht, der im Codierer vorgesehen ist. Außerdem liefert diese Schaltung ein Bit  $b_1 = 0$  oder 1, je nachdem, ob die Leseorgane des Codes A sich gegenüber der ersten oder der zweiten Hälfte eines Codepunktes befinden. Dieses Signal wird dem Codewort AN (natürliches Binär) hinzugefügt, welches in der Schaltung 23 erarbeitet wurde, als bedeutungsloses Bit, und die Gesamtheit bildet einen Code S mit elf Bits, wodurch die Auflösung des Codierers verdoppelt wird und somit 2048 Punkte erreicht.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Fig. 2

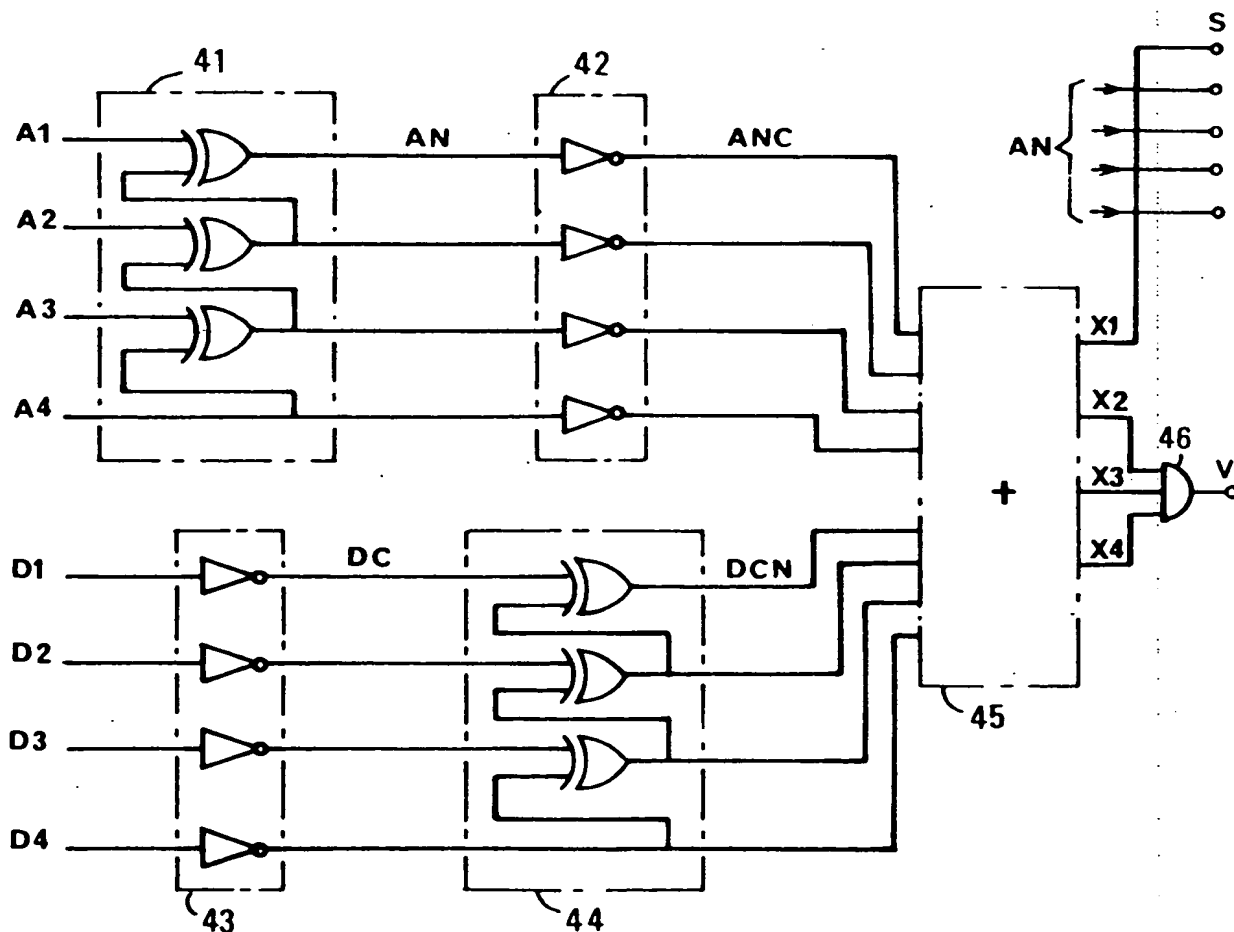
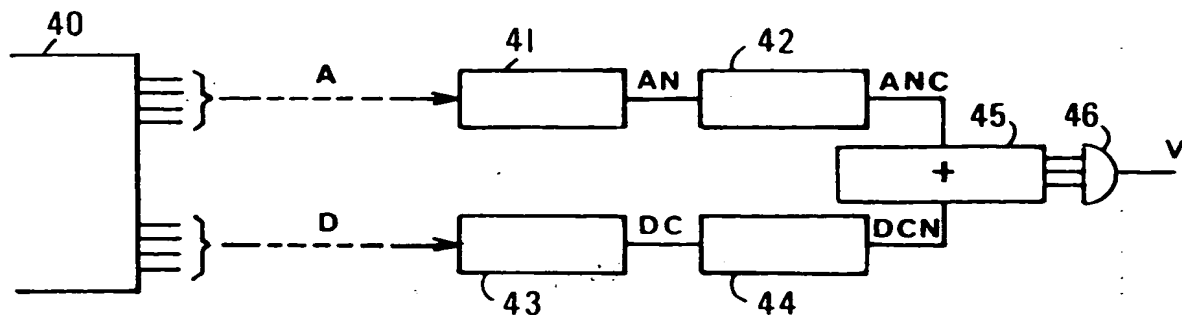


Fig. 3

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 7

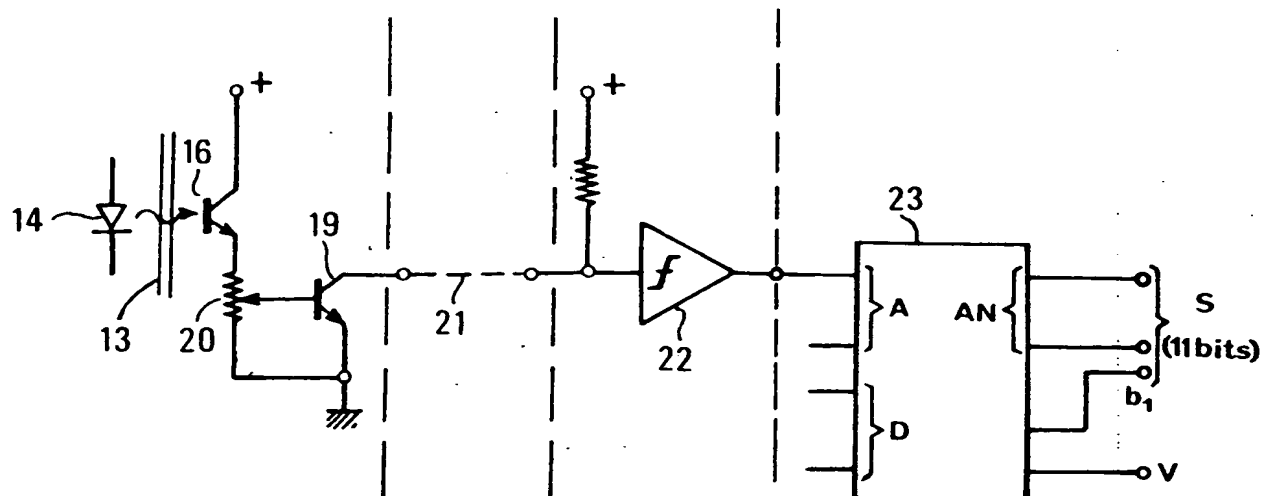
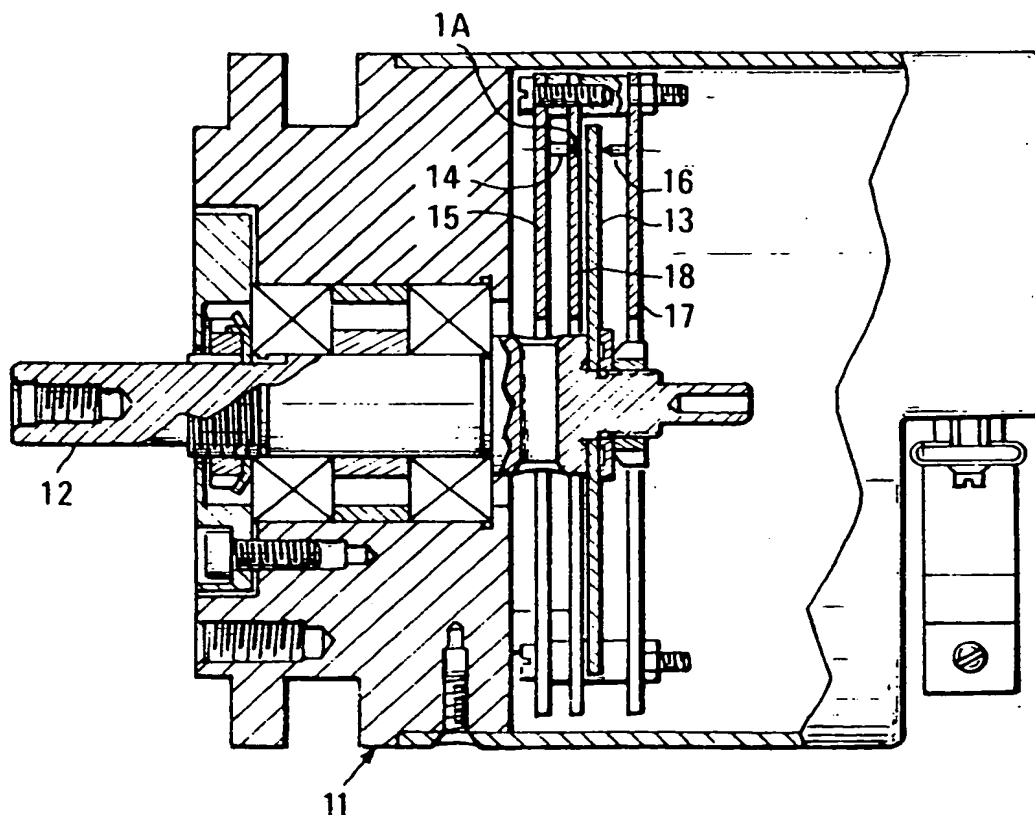


Fig. 4



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 6

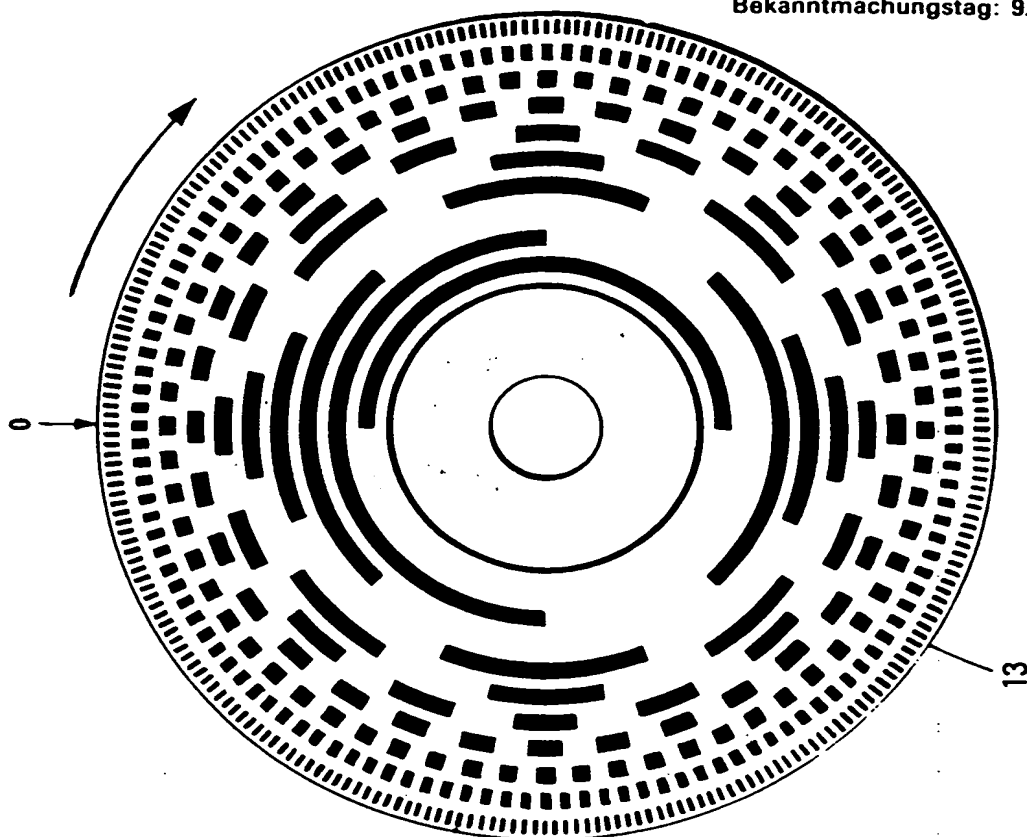
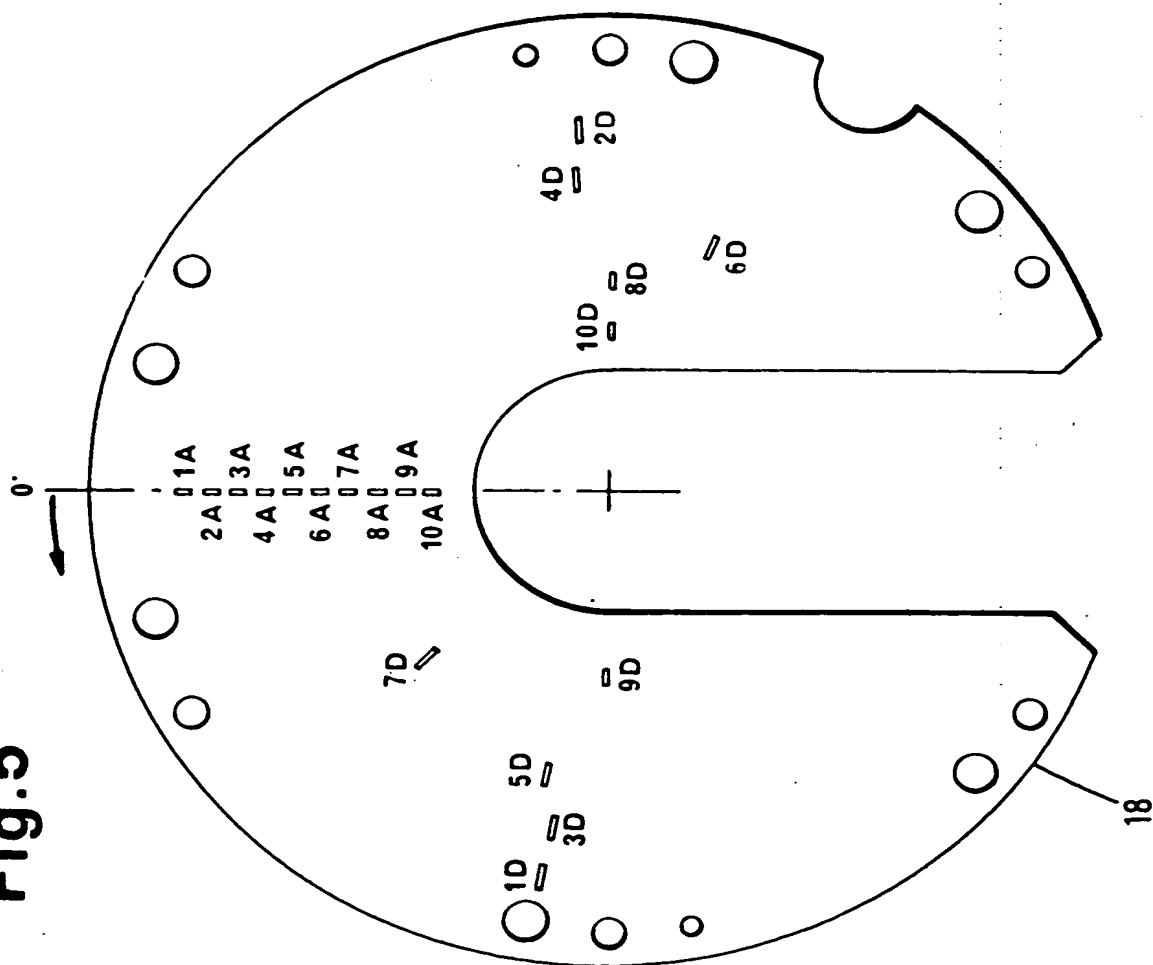
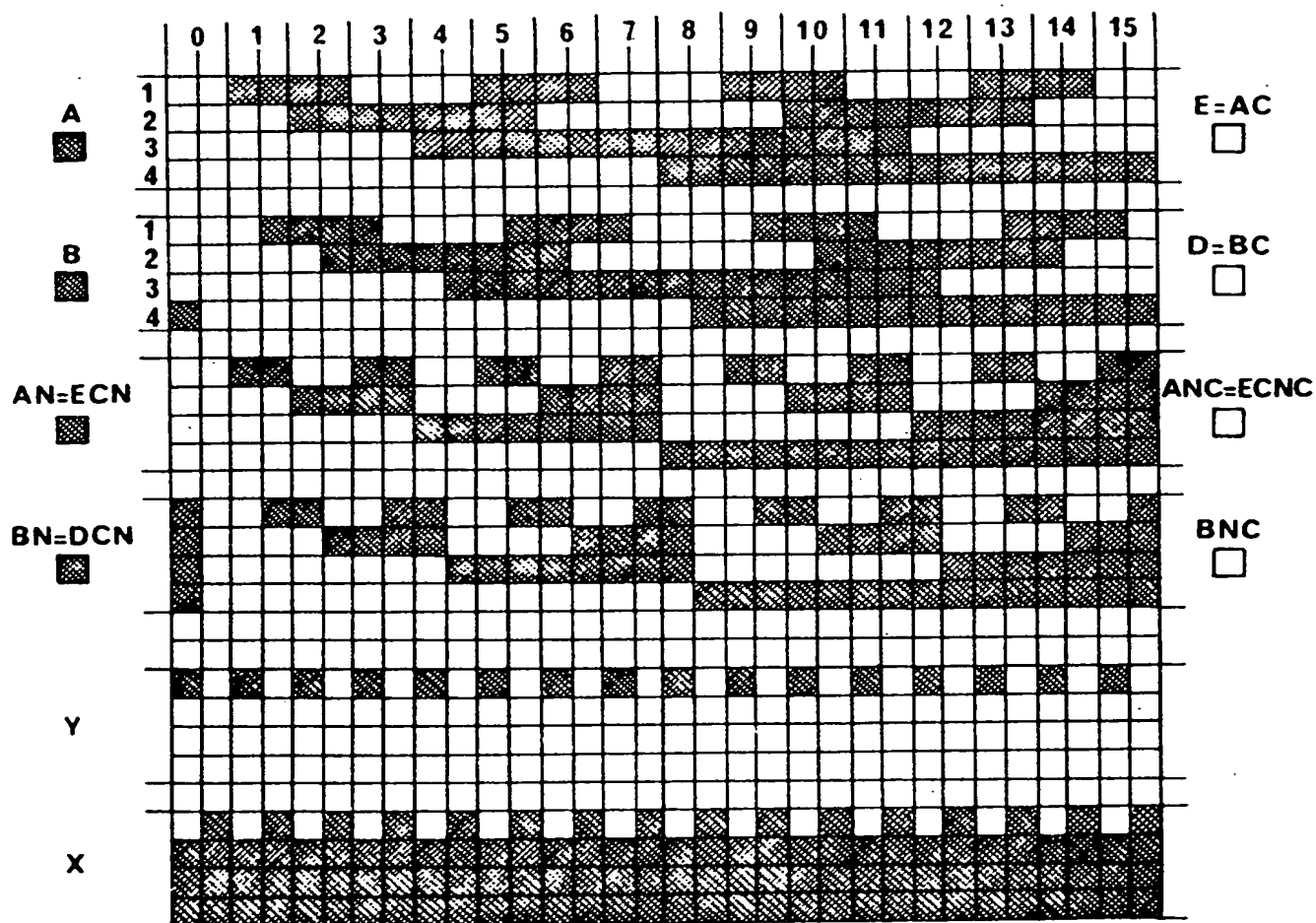


Fig. 5



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 1



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**